

ロータリ耕用三点リンクにおけるリンク作用力の挙動

池見 隆男・土居 栄城
(農学部農業機械学研究室)

Behavior of Link Force in Three-Point Linkage for Rotary Tilling Tractor

Takao IKEMI and Eiki DOI

Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture

Abstract : The effects of tilling load to link force acting of three-point linkage for rotary tilling tractor were discussed. The outline is described as follows.

- (1) Fluctuations in link forces are affected by soil texture. The effects are considerable in sandy soil and the steep fluctuations from zero are produced frequently.
- (2) Link forces are divided into three modes according to their directions. It is affected by intensity of tilling load.
- (3) Tensile force acts on upper link and compressive force acts on lower link under heavy load. Compressive force acts on upper and lower link respectively under light load, and under very light load compressive and tensile force acts on upper and lower link respectively.
- (4) A linear relation was recognized between mean tilling torque and mean link force, and it was shown clearly in the range of large tilling torque.

緒 言

ロータリ耕用三点リンクの上下各リンクに作用する力は、自由リンクの場合と油圧制御リンクの場合とでは異なる。しかし、油圧制御リンクでも、通常は上方向の運動は拘束されない場合が多いので、上向きの力が大きい場合には自由リンク状態になることも起り得る¹⁾。したがって、トラクタの作業運行特性を論じる場合、作業機からの力とその作用点を知る必要があるが、そのためには自由リンク状態のリンク作用力が基本となる。

このため、本研究では、自由リンク状態での耕うんにおける三点リンクに作用する力の挙動を、耕うん負荷との関係から調べた。

実験装置および方法

1. 供試トラクタおよび耕うん部 供試トラクタおよび装着した耕うん部の主要諸元を Table 1 に示す。トラクタは後輪駆動であり、耕うん部の耕うん軸駆動方式はサイドドライブ式である。三点リンクの主要寸法は、上部リンク穴中心間寸法が205mm、下部リンク穴中心間投影寸法が625mmである。

2. 実験方法 リンク作用力の検出には、上部リンクについては、Fig. 1のように、ひずみゲージを直接貼付する方法を用いたが、下部リンクには、Fig. 2のような八角リングを用いた。つまり、

Table 1. Tested tractor and rotary tiller

Tractor	
Engine power	12.5kW (17 ps)/2700 rpm
Mass	735 kg
Wheel base	1430mm
Rotary tiller	
Mass	200 kg
blades	30 (NATAZUME)
Three-point linkage	
Upper link	205mm
Lower link	625mm

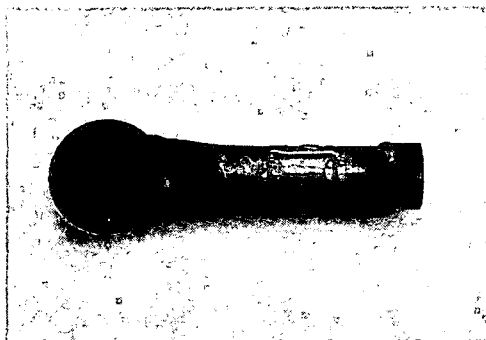


Fig.1. Upper link applied with strain gage.

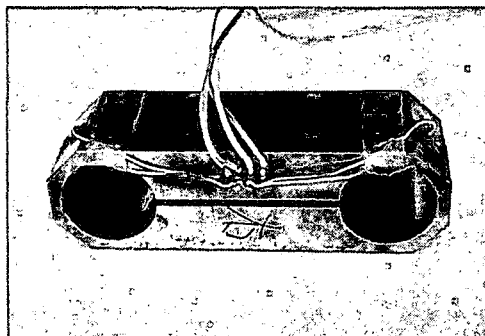


Fig.2. Octagonal ring applied with strain gage.

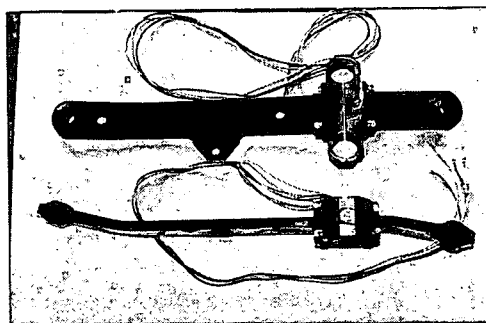


Fig.3. Lower link equipped with octagonal ring.

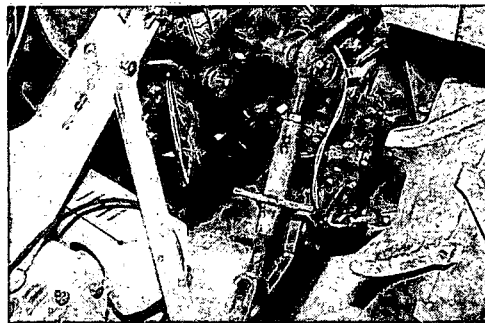


Fig.4. Three-point linkage for measurement.

Table 2. Soil conditions

Soil texture	Sandy silt loam
Moisture ratio	11.3~16.3%
Soil hardness	147~1130 kPa (YAMANAKA)

下部リンクについては、リンクの取付点に近い部分を切断し、八角リングを Fig. 3 のように、全長が変わらないように固定した。Fig. 4 は上下リンクの取付け状態を示す。

測定は、上下リンクの他、耕うん軸のトルクおよび尾輪支持反力(上下、前後方向)について行い、それぞれのひずみゲージ出力を動ひずみ計で増幅し、データレコーダで記録した。データレコーダに記録されたアナログデータは、AD変換器とパーソナルコンピュータによってデジタル処理を行った。

耕うん方法は、Fig. 5 に示すように、平面耕とし、種々の土壌硬度の条件で測定を行った。耕うん時の走行速度は、0.27~0.56 m/s の範囲であり、耕うん軸回転速度は190~370 rpm であった。土壌条件を Table 2 に示す。

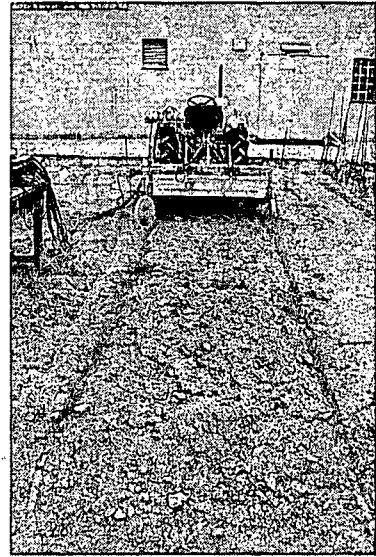


Fig.5. Test condition.

実験結果および考察

1. 耕うん部の力の作用形態 ロータリ正転耕における耕うん部の力のつり合いは、Fig. 6 に示すように、耕うん反力 R の大きさによって3態に分類される。

通常の比較的硬い土壌においては、Fig. 6(a)のように、耕うん部合力 F が前向きでやや上向きとなり、トラクタを押し方向に作用する傾向を示すのが普通である。この場合のリンク作用力は、

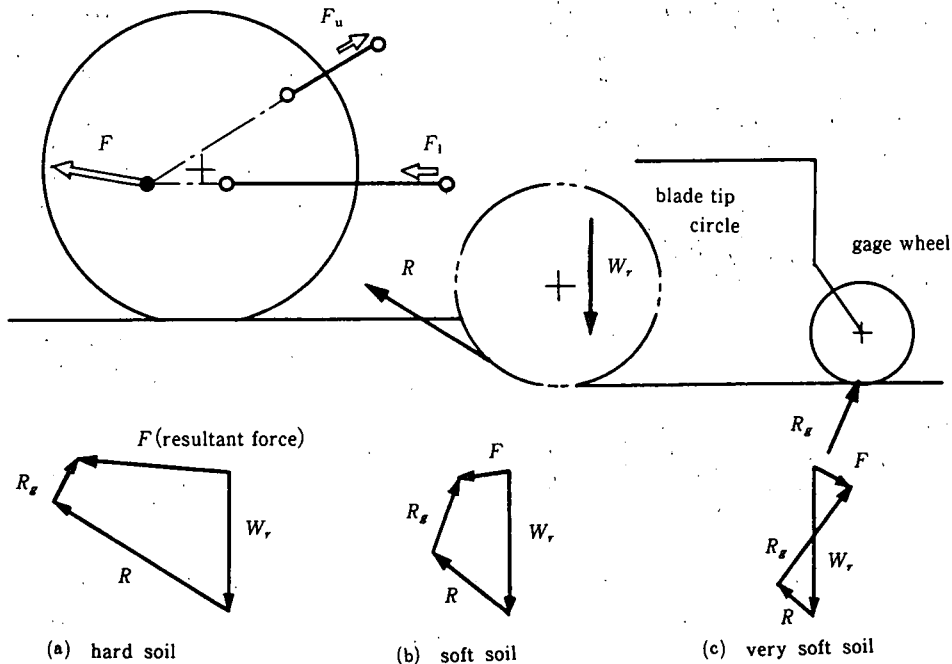


Fig.6. Typical equilibrium of forces in rotary tiller.

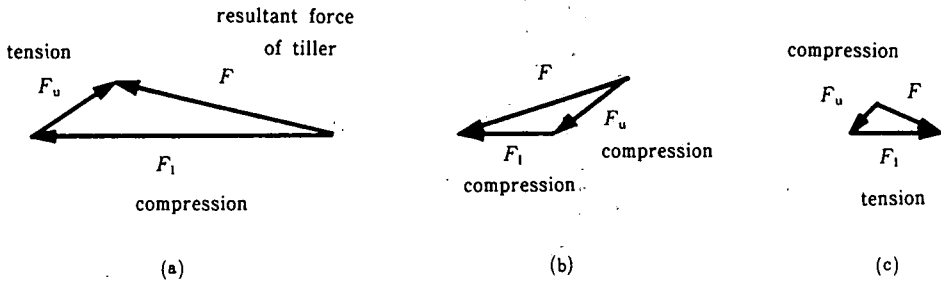


Fig. 7. Typical relation between link forces and resultant force of tiller.

Fig. 7(a)に示すように、上部リンクにおいて引張力であり、下部リンクでは逆に圧縮力となる。

しかるに、極めて軟い土壌では、耕うん反力が小さいので、Fig. 6(c)におけるように、耕うん部合力は後向きで下向きとなる。これは、プラウ耕の場合の力の作用に近い状態を示す。この場合、Fig. 7(c)に示すように、上部リンクに圧縮力が作用し、下部リンクに引張力が作用する。

一方、前二者の中間の負荷状態として、Fig. 6(b)のような力の作用が考えられる。耕うん部合力は前向きであるが、やや下向きで小さい。この場合のリンク作用力は、Fig. 7(b)のように、上部リンク、下部リンクいずれも圧縮力となる。

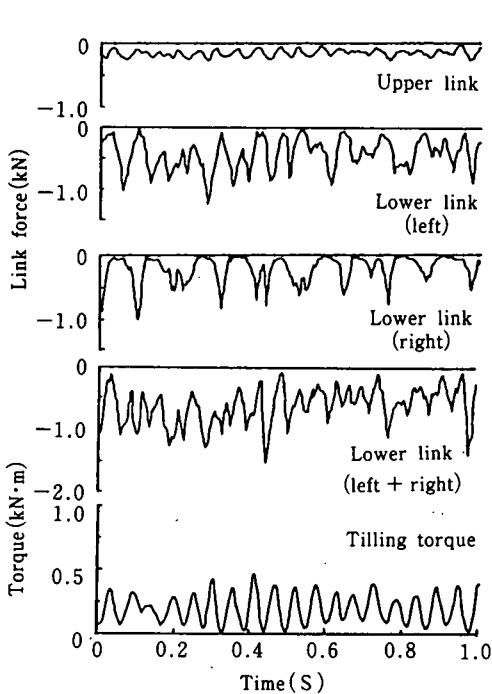


Fig. 8. Sample of link force behavior in very light tilling load. (rotor shaft speed: 192 rpm, tilling pitch: 12.3cm, soil surface hardness: 14.7 kPa).

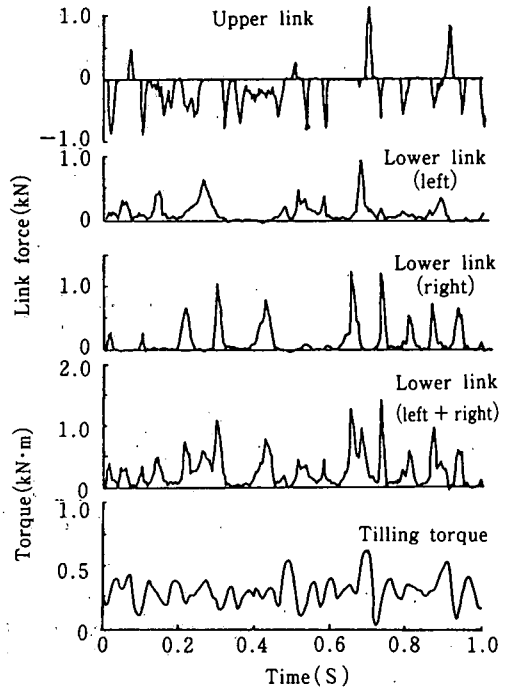


Fig. 9. Sample of link force behavior in light tilling load. (rotor shaft speed: 247 rpm, tilling pitch: 9.2cm, soil surface hardness: 245 kPa).

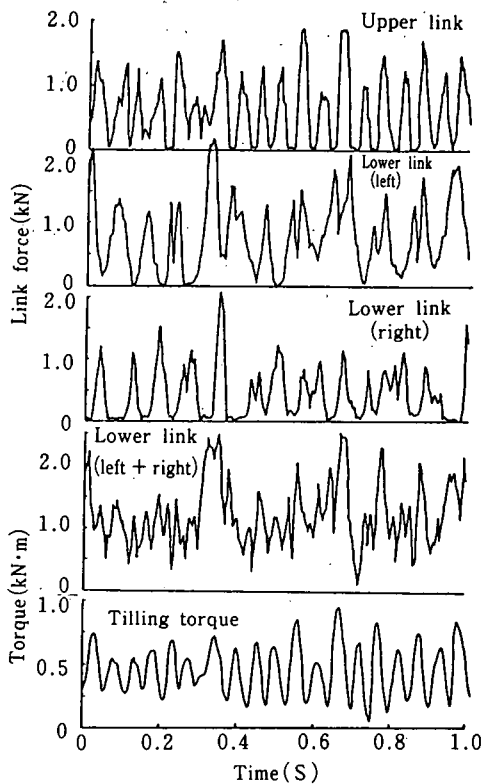


Fig.10. Sample of link force behavior in heavy tilling load. (rotor shaft speed: 189 rpm, tilling pitch: 11.9cm, soil surface hardness: 834 kpa).

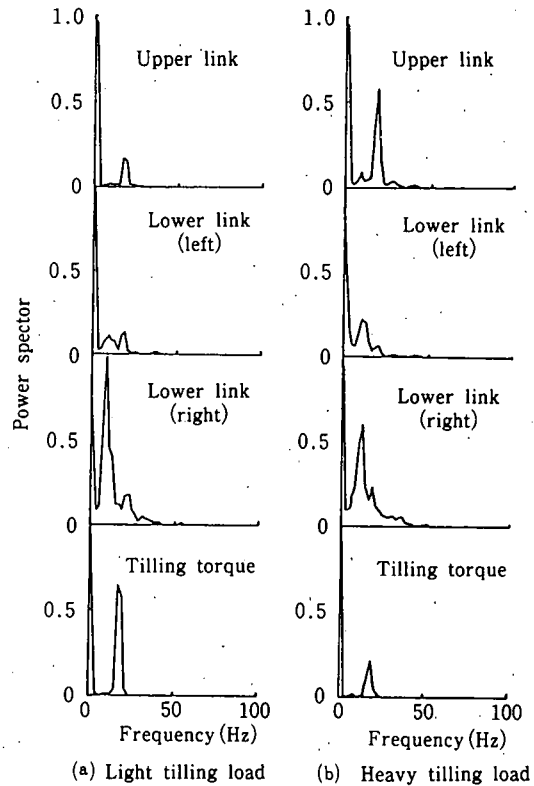


Fig.11. Power spector of link force.

2. リンク作用力の挙動 ロータリ耕うん作業時のリンク作用力を実測すると、変動の激しい波形が得られる。その波形の変動の大きさは、土性によって変るようである。粘土質土壌の場合、変動は比較的小さいが、この実験で用いた砂質性の土壌では、変動の幅が大きかった。

Fig. 8 ~ Fig. 10は、フィルタ処理を行っていない作用力および耕うんトルクの変動波形の記録例である。図において、力の符号は通常的作用状態を標準として、上部リンクでは引張力、下部リンクでは圧縮力をそれぞれ正とした。

砂質性土壌における耕うんトルクやリンク作用力の変動が大きい理由は、衝撃破碎に弱い土質のため、耕うん刃は土中打込みの初期に強い抵抗を受けるが、その瞬間に土に亀裂を生じて、以後抵抗が急激に低下することによると思われる。

Fig. 8は土壌硬度が低い場合の例であり、上下リンクいずれも負となっており、これは上部リンクに圧縮力、下部リンクに引張力が作用していることを表している。この場合、上部リンクの作用力の変動は小さいが、それは相対的なものであり、常に小さいとは限らない。

土壌硬度が比較的高くなると、Fig. 10のような変動を呈し、上部リンクに引張力、下部リンクに圧縮力が作用する。上下リンクそれぞれの作用力は大きく、かなり激しい変動となる。下部リンク左右それぞれの作用力は、時間的にはほぼ交互に変動のピークが生じている。これは、他の場合にも

みられることであるが、耕うん刃の左右同時打ちを排した刃の配列によるものと考えられる。

前述したように、土壌硬度が低から高へ、あるいは耕うん負荷が軽から重への移行過程で、Fig. 9にみられるような作用力の状態が生じる。つまり、上下リンクいずれも圧縮力が作用する状態である。その作用の形態は他の場合と異なり、作用力のピークが粗に表れている。

作用力変動の周期性は、Fig. 11のパワスペクトルで示すように、特定の周波数にみられる。ただし、パワスペクトルは相対値で表した。

上部リンクには、耕うんトルクのピーク周波数と同一のピークが表れており、耕うん負荷変動の影響を強く受けていることが分る。しかし、下部リンクの左右それぞれにおいては、耕うんトルクのピーク周波数の $\frac{1}{2}$ の周波数に卓越したピークが表れている。これは、前述した耕うん刃配列の影響によるものと考えてよい。つまり、刃における瞬時の耕うん反力は、その作用位置が耕うん中央より左右に偏しており、しかも交互に作用するためである。

3. 耕うん負荷とリンク作用力 耕うん負荷は、耕うんトルクとして耕うん軸に作用する。そこで、耕うんトルクとリンク作用力それぞれの平均値の関係をFig. 12に示す。図におけるプロットは、種々の土壌硬度および作業条件におけるもので、耕うんトルクを唯一の変数として表したものである。下部リンク作用力は、左右リンクの合力で表した。

上部リンクの作用力は、プロットのばらつきはあるものの、耕うんトルクに対し直線関係にあることが明瞭に認められる。下部リンクについても、耕うんトルクの小さい作用力が負となる範囲でその絶対値がやや大きめとなるが、やはり耕うんトルクとの直線関係がみられる。

通常の耕うん条件における作用力の組合せは、上部リンクに引張力、下部リンクに圧縮力が普通である。つまり、図において上下リンクいずれも正の作用力となる状態が普通である。トルクとリンク作用力の直線関係は、この範囲において一層明確に示されている。

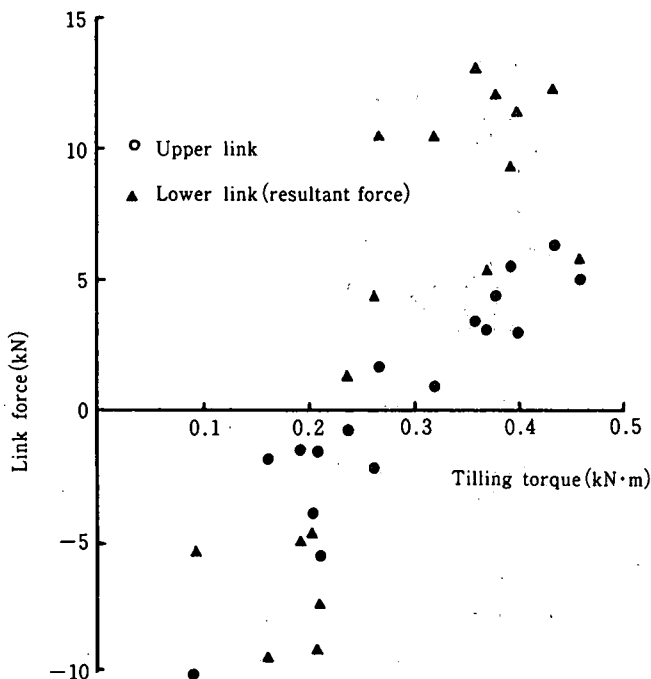


Fig.12. Relation of link force to tilling torque.

結 語

ロータリ耕用三点リンクの、リンク作用力の挙動に対する耕うん負荷の影響を実験的に調べた。結果の概要は次の通りである。

- (1) リンク作用力の変動は、土性による影響を受け、砂質性の土壌ではかなり大きく、零からの変動となる場合が多い。
- (2) リンク作用力は、上下リンクの力の方向により3態に分類される。それは耕うん負荷の大きさによって決る。
- (3) 負荷が大きい場合、上部リンクに引張力、下部リンクに圧縮力が作用し、負荷が小さい場合、上部リンク、下部リンクいずれも圧縮力が作用する。さらに負荷が小さい場合には、上部リンクに圧縮力、下部リンクに引張力が作用する。
- (4) 耕うんトルクと作用力それぞれの平均値は直線関係が認められ、特に耕うんトルクの大きい範囲で明瞭にみられる。

参 考 文 献

- 1) 坂井 純・池見隆男・唐沢 宏：ロータリ耕用3点リンクに関する研究(第1報) 仮想ヒッチ点の挙動特性. 農機誌, 46(4), 489-494 (1985).

(昭和62年9月28日受理)

(昭和62年12月28日発行)

